

DERWENT-ACC-NO: 2002-056983

DERWENT-WEEK: 200427

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: System for determining surface
tension of a solution like a tenside or surfactant solution
uses a blow pressure method on washing suds by
feeding a gaseous volume flow into a solution via a
capillary.

INVENTOR: BICKER, R

PATENT-ASSIGNEE: MIELE & CIE GMBH & CO[MIEL] , MIELE &
CIE KG[MIEL]

PRIORITY-DATA: 2000DE-1022863 (May 10, 2000)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PAGES	PUB-DATE	
LANGUAGE		MAIN-IPC	
ES 2203561 T3		April 16, 2004	N/A
000	G01N 013/02		
EP 1154255 A2		November 14, 2001	G
009	G01N 013/02		
DE 10022863 A1		November 22, 2001	N/A
000	G01N 013/02		
EP 1154255 B1		September 17, 2003	G
000	G01N 013/02		
DE 50100631 G		October 23, 2003	N/A
000	G01N 013/02		

DESIGNATED-STATES: AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE
IT LI LT LU LV MC MK
NL PT RO SE SI TR AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI
LU MC NL PT SE TR

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
ES 2203561T3	N/A	

2001EP-0109910	April 24, 2001	
ES 2203561T3	Based on	EP 1154255
N/A		
EP 1154255A2	N/A	
2001EP-0109910	April 24, 2001	
DE 10022863A1	N/A	
2000DE-1022863	May 10, 2000	
EP 1154255B1	N/A	
2001EP-0109910	April 24, 2001	
DE 50100631G	N/A	
2001DE-0500631	April 24, 2001	
DE 50100631G	N/A	
2001EP-0109910	April 24, 2001	
DE 50100631G	Based on	EP 1154255
N/A		

INT-CL (IPC): D06B023/24, D06F039/00 , G01N013/02

ABSTRACTED-PUB-NO: EP 1154255A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - A gaseous volume flow is fed into a solution via a capillary (4). The temporary course of pressure for this volume flow is viewed during a blowing resume. To avoid an obstruction in the capillary in a simple way, the capillary feeds into a blowing chamber (2), in which low pressure can create a liquid column that increases through the rate of feed from the capillary.

USE - In a suds container in washing machines.

ADVANTAGE - The volume flow through the capillary can be varied by means of device linked to a measurement chamber for altering pressure.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a diagram of a system for measuring surface tension.

Capillary 4

Blowing chamber 2

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/6

TITLE-TERMS: SYSTEM DETERMINE SURFACE TENSION SOLUTION
SURFACTANT SOLUTION BLOW
PRESSURE METHOD WASHING SUDS FEED GAS VOLUME
FLOW SOLUTION
CAPILLARY

DERWENT-CLASS: S03 X27

EPI-CODES: S03-F04; X27-D01;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2002-042005



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 1 154 255 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.11.2001 Patentblatt 2001/46

(51) Int Cl.7: G01N 13/02, D06F 39/00

(21) Anmeldenummer: 01109910.8

(22) Anmeldetag: 24.04.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: Miele & Cie. GmbH & Co.
D-33332 Gütersloh (DE)

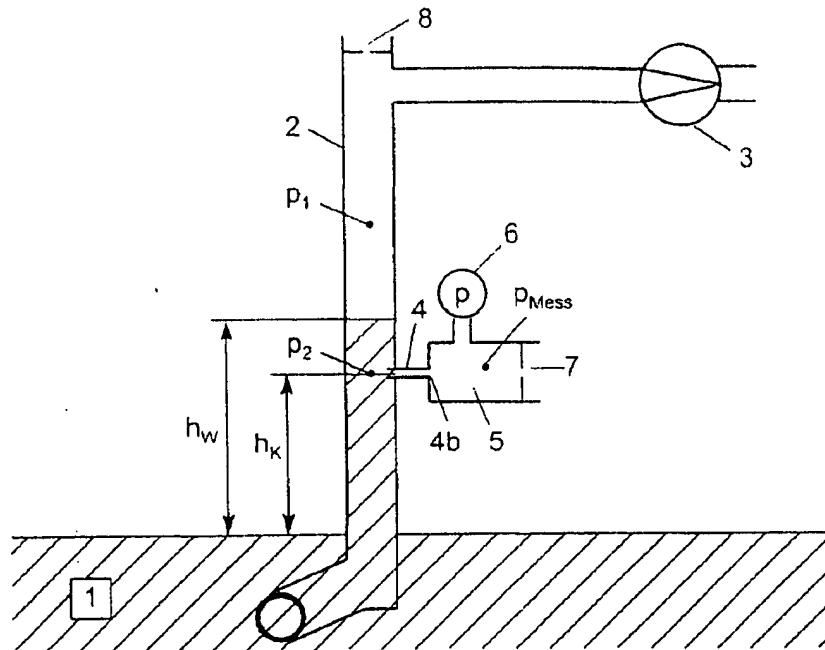
(72) Erfinder: Bicker, Rainer
32791 Lage (DE)

(30) Priorität: 10.05.2000 DE 10022863

(54) System zur Bestimmung der Oberflächenspannung einer Lösung, insbesondere einer Tensidlösung

(57) Die Erfindung betrifft ein System zur Bestimmung der Oberflächenspannung einer in einem Behälter befindlichen Lösung, insbesondere einer Tensidlösung (Waschlauge 1), nach der Blasendruckmethode, wobei in die Lösung über eine Kapillare (4) ein gasförmiger Volumenstrom eingeleitet und während des Bla-

senabrisses der zeitliche Verlauf des Drucks dieses Volumenstroms betrachtet wird. Um auf einfache Weise eine Verstopfung der Kapillaren (4) zu vermeiden, wird vorgeschlagen, dass die Kapillare (4) in eine Blaskammer (2) mündet, in der durch Unterdruck eine über die Mündungshöhe der Kapillaren (4) ansteigende Flüssigkeitssäule erzeugbar ist.



Figur 1

EP 1 154 255 A2

Beschreibung

[0001] System zur Bestimmung der Oberflächenspannung einer Lösung, insbesondere einer Tensidlösung

[0002] Die Erfindung betrifft ein System zur Bestimmung der Oberflächenspannung einer in einem Behälter befindlichen Lösung, insbesondere einer Tensidlösung, nach der Blasendruckmethode, wobei in die Lösung über eine Kapillare ein gasförmiger Volumenstrom eingeleitet und während der Blasenbildung der zeitliche Verlauf des Drucks dieses Volumenstroms betrachtet wird.

[0003] Die Messung der dynamischen Oberflächenspannung nach der Blasendruckmethode basiert auf der Abhängigkeit der Oberflächenspannung vom Druck bei der Bildung gekrümmter Oberflächen. Aus der DE 41 12 417 und aus der DE 195 29 787 ist es beispielsweise bekannt, die Waschmittelkonzentration eines Waschmittel-Wasser-Gemischs (Waschflüssigkeit, beispielsweise im Laugenbehälter einer Waschmaschine) durch eine Messung der Oberflächenspannung zu ermitteln. Der Vorteil der Blasendruckmethode ist dabei, dass die Oberflächenspannung an verschiedenen alten Oberflächen (dynamisch) bestimmt werden kann. Je langsamer eine Blase erzeugt wird, umso mehr Zeit haben Tenside, sich an die Oberfläche zu begeben und die Oberflächenspannung herabzusetzen. Diese Geschwindigkeit der Tenside wird bei dieser Methode mit erfasst (s. ältere Deutsche Patentanmeldung 199 28 390.7).

[0004] Bei der Blasendruckmethode wird an einer Kapillare über einen kontinuierlich anliegenden Luftstrom eine Blase in der Waschflüssigkeit erzeugt. Die Druckdifferenz der sich bildenden und abreißen Blase ist dann proportional zur Oberflächenspannung. Zur Erzeugung der Blasen wird durch ein enges Kapillarröhrchen ein gasförmiges Medium, i. A. Luft, in die zu sensorierende Waschflüssigkeit gebracht. Wird dieses Kapillarröhrchen direkt im Laugenbehälter angeordnet, so besteht die Gefahr, dass die Kapillaröffnung nach einiger Zeit durch Schmutzpartikel verstopft wird. Dieses Problem wird vergrößert, wenn die Gasblasen mit einer Pumpe erzeugt werden und diese nach dem Messvorgang bei gefülltem Laugenbehälter ausgeschaltet wird. Dann läuft Flüssigkeit in die Kapillare und läuft weiter in den Schlauch, an dem die Kapillare angeschlossen ist. Falls sich in diesem Schlauch eine Kalkschicht bildet und sich später löst, werden von der Pumpe die gelösten Teilchen in die Kapillare geblasen und die Kapillare wird verstopft.

[0005] Um das zu verhindern, wird in der älteren Deutschen Patentanmeldung 199 28 393.1 vorgeschlagen, bei einer Waschmaschine die Kapillare zur Messung der Oberflächenspannung in einem Gefäß in der Laugenbehälterwand unterzubringen, das durch Schöpfleinrichtungen an der Waschtrommel gefüllt wird. Außerdem sollte es durch zulaufendes Wasser regelmäßig gerei-

nigt werden. Zum Leeren des Gefäßes wird die Unwucht beim Schleudern verwendet. Nachteilig dabei ist, dass das Leeren des Gefäßes durch die Unwucht nicht definiert möglich ist, da mal mehr, mal weniger Unwucht beim Schleudern auftritt. Außerdem ist es nötig, eine Schöpfleinrichtung an der Waschtrommel anzubringen, was aus Platzgründen nicht einfach zu realisieren ist.

[0006] Aus der DE 196 53 752 ist ein Verfahren und eine Einrichtung zur Reinigung von Prozessmesszellen mit Kapillaren bekannt, bei dem eine kombinierte Anwendung von Ultraschall in Verbindung mit einem Reinigungsgas- und Flüssigkeitsstrom erfolgt. Für eine breite Anwendung in Geräten der Haushaltstechnik wie Waschmaschinen und Geschirrspülern ist eine solche Einrichtung zu teuer.

[0007] Der Erfindung stellt sich somit das Problem, ein System zur Bestimmung der Oberflächenspannung der eingangs genannten Art zu offenbaren, bei dem auf einfache Weise eine Verstopfung der Kapillaren vermieden wird.

[0008] Erfindungsgemäß wird dieses Problem durch ein System mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgenden Unteransprüchen.

[0009] Durch die erfindungsgemäße Ausbildung des Systems wird sichergestellt, dass die Gasströmung in der Kapillare immer in Richtung der flüssigkeitsgefüllten Blasenkommer verläuft. Damit ist die Verstopfungsgefahr gering. Das gilt auch nach Abschalten der Pumpe, da in der Blasenkommer immer noch ein Unterdruck herrscht, der sich erst mit der Zeit entsprechend der fallenden Flüssigkeitssäule abbaut. Die Anordnung ist prinzipiell immer anwendbar, wenn die Oberflächenspannung ermittelt werden soll und beschränkt sich daher nicht allein auf Waschautomaten.

[0010] In einer vorteilhaften Ausführungsform mündet die der Blasenkommer gegenüberliegende Öffnung der Kapillare in eine Messkammer, an die ein Drucksensor angeschlossen ist und die über eine Drossel mit dem Umgebungsdruck in Verbindung steht. Dadurch werden die Blasen an der Kapillaren in einfacher Weise durch die Druckdifferenz zwischen der Flüssigkeitssäule in der Blasenkommer und dem Druck auf der außerhalb der Blasenkommer befindlichen Seite der Kapillaren erzeugt. Es wird nur eine einzige Pumpe benötigt, um die Waschlauge auf eine höheres Niveau zu pumpen und gleichzeitig die Blasen zu erzeugen. Durch die Drossel kann in einfacher Weise der Volumenstrom zwischen der Messkammer und ihrer Umgebung konstant gehalten werden. Die Drossel kann durch einen Luftfilter vor Verschmutzung geschützt werden.

[0011] Durch die Anordnung einer weiteren Drossel in der Blasenkommer oberhalb der Mündungshöhe der Kapillaren wird ein schnelleres Absinken der Flüssigkeitssäule in der Blasenkommer nach dem Messvorgang erreicht.

[0012] In einer besonders vorteilhaften Ausführungs-

form des Messsystems ist der Volumenstrom durch die Kapillare über eine mit der Messkammer in Verbindung stehenden Einrichtung zur Druckänderung varierbar. Hierdurch können Blasen mit unterschiedlichen Oberflächenalter erzeugt werden und es kann in einfacher Weise das aus der älteren Deutschen Patentanmeldung 199 28 390.7 bekannte Verfahren zur Bestimmung der Konzentration eines Waschmittels durchgeführt werden.

[0013] Dabei ist in einfachster Weise die Messkammer über einen Bypass mit der Blaskammer verbunden, wobei der Bypass oberhalb der Mündungshöhe der Kapillaren in die Blaskammer mündet und im Bypass eine weitere Drossel angeordnet ist. Bei einer solchen Anordnung ist die Blasenfrequenz abhängig von der Höhe des Flüssigkeitsstandes in der Blaskammer, somit kann der Pegel aus dem Oberflächenalter bestimmt und in einfacher Weise vermieden werden, dass Lauge in die Pumpe gesaugt wird. Auf eine Regelung der Pumpe kann verzichtet werden. Da das Füllen und Leeren der Blaskammer langsam geschieht, ändert sich dabei der Blasenvolumenstrom und damit das Oberflächenalter entsprechend. Somit kann man während des Füllens und/oder Leerens der Blaskammer die Oberflächenspannung in Abhängigkeit vom Oberflächenalter ausmessen.

[0014] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen rein schematisch dargestellt und wird nachfolgend näher beschrieben. Es zeigt

- Figur 1 ein System zur Messung der Oberflächenspannung
- Figur 2 den Druckverlauf in einer Anordnung nach Figur 1
- Figur 3 das Blasendruckverfahren zur Bestimmung der Oberflächenspannung
- Figur 4 ein System zur Erzeugung von Blasen mit unterschiedlichem Oberflächenalter
- Figur 5 den Druckverlauf in einer Anordnung nach Figur 4
- Figur 6 ein weiteres System zur Erzeugung von Blasen mit unterschiedlichem Oberflächenalter

[0015] Figur 1 zeigt einen Behälter, beispielsweise den Laugenbehälter einer Waschmaschine, in dem sich eine Lösung in Form eines Waschmittel-Wasser-Gemischs befindet (im folgenden als Waschlauge (1) bezeichnet). Sie ist hier schraffiert dargestellt. In den Laugenbehälter mündet unterhalb des Normalniveaus der Waschlauge (1) eine Blaskammer (2). Das gegenüberliegende Ende der Blaskammer (2) ragt aus der Waschlauge (1) heraus und ist mit einer Pumpe (3) verbunden. Mit Hilfe der Pumpe (3) wird ein Unterdruck erzeugt, der die Waschlauge (1) auf die Höhe h_w in der Blaskammer (2) saugt. In die Blaskammer (2) mündet in der Höhe h_K eine Kapillare (4). Diese steht auf der der Blaskammer (2) gegenüberliegenden Seite (4b) mit einer Messkammer (5) in Verbindung, an die ein

Drucksensor (6) angeschlossen ist und die durch eine Drossel (7) mit dem umgebenden atmosphärischen Luftdruck (Umgebungsdruck) in Verbindung steht. In der Blaskammer (2) kann zusätzlich eine weitere Drossel (8) zum schnelleren Absinken der Flüssigkeitssäule eingebaut werden.

[0016] In Figur 2 sind die Druckverläufe in diesem System dargestellt. Dabei ist p_1 der Druck oberhalb der Flüssigkeitssäule, p_2 ist der Druck in der Waschlauge in Höhe der Kapillare (4) und p_{Mess} ist der mit dem Drucksensor (6) zu messende Druck auf der Luftseite der Kapillare (4). Der Druck p_1 entspricht der Saughöhe h_w der Flüssigkeitssäule im Rohr (Schweredruck):

$$p_1 = p_0 - \rho \cdot g \cdot h_w \quad (1)$$

- p_1 Druck oberhalb der Flüssigkeitssäule [Pa]
- p_0 atmosphärischer Luftdruck (Umgebungsdruck) [Pa]
- ρ Dichte der Waschlauge [kg/m^3]
- g Gravitationskonstante = $9,81 \text{ m/s}^2$
- h_w Höhe der Flüssigkeitssäule [m]

[0017] In der Mündungshöhe h_K der Kapillare (4) herrscht in der Waschlauge ebenfalls ein der Höhe entsprechender Schweredruck:

$$p_2 = p_0 - \rho \cdot g \cdot h_K \quad (2)$$

- p_2 Druck in Höhe der Kapillare (4) [Pa]
- h_K Höhe der Kapillare (4) [m]

[0018] Damit ist der Druck in der Höhe h_w am geringsten und in der Höhe h_K entsprechend höher, aber immer noch geringer als der Umgebungsdruck p_0 .

[0019] Die Kapillare (4) dient zur Blasenenerzeugung. In der Messkammer (5) rechts von der Kapillaren (4) herrscht zunächst der gleiche Unterdruck wie in der Waschlauge (1) in der Blaskammer (2) links von der Kapillaren (4) (in der Höhe h_K). Die Drossel (7) sorgt für die Regelung des Luftvolumenstroms. Aufgrund des Druckunterschieds zum Umgebungsdruck wird Luft aus der Umgebung in die Blaskammer (2) geleitet und gelangt durch die Kapillare (4) in die Waschlauge (1). Da sich dabei deren Oberfläche verformt, steigt aufgrund der Oberflächenspannung der Gegendruck. Die Höhe dieses Gegendrucks gegenüber dem hydrostatischen Druck im Wasser ist damit ein Maß für die Oberflächenspannung. Die Auswertung dieses Phänomens wird als "Messung der dynamischen Oberflächenspannung nach der Blasendruckmethode" bezeichnet. Der Gegendruck steigt dabei während der Blasenenerzeugung durch immer kleiner werdende Radien der Laugen-Luft-Grenzfläche an. Figur 3 zeigt den Druckverlauf zusammen mit den zu den jeweiligen Zeitpunkten gehörenden

Formen der Laugen-Luft-Grenzfläche (oben im Bild). Die Kapillare (4) ist jeweils durch die beiden dickeren parallelen Linien angedeutet. Sobald die Blase eine Halbkugelform erreicht, liegt das Druckmaximum vor, anschließend fällt der Druck mit weiterem Wachsen der Blase wieder. Dann reißt die Blase ab und der Anfangszustand mit der waagerechten Oberfläche ist wieder erreicht ($r \rightarrow \infty \Rightarrow$ kein Druck aufgrund der Oberflächenspannung).

[0020] Dementsprechend ist der in Figur 2 dargestellte Verlauf des mit dem Drucksensor (6) gemessenen Drucks p_{Mess} zu erklären:

Zu Beginn herrscht in der Messkammer (5) der statische Druck p_2 . Durch die Druckdifferenz zum Umgebungsdruck wird ein Luftvolumenstrom in der Drossel (7) erzeugt.

$$\Delta p_{\text{Drossel}} = p_0 - p_2$$

[0021] Die Luft gelangt durch die Kapillare (4) in das Messvolumen 2 und beginnt dort mit der Erzeugung einer Blase. Dabei entsteht aufgrund der Oberflächenspannung ein Gegendruck in der Messkammer (5), der durch den Drucksensor (6) gemessen wird. Entsprechend dem Anstieg des Gegendrucks sinkt die Druckdifferenz an der Drossel (7). Dadurch wird der Volumenstrom der nachströmenden Luft während der Blasenbildung etwas geringer (Der Volumenstrom durch die Drossel (7) ist proportional zur Druckdifferenz). Das ist für diese Betrachtungen allerdings von untergeordneter Bedeutung.

[0022] Auf jeden Fall wächst die Blase weiter an bis sie die Halbkugelform und damit das Druckmaximum erreicht hat. Danach fällt der Druck wieder, die Blase löst sich ab und der Ausgangszustand ist wiederhergestellt. Somit ist ein Zusammenhang zwischen der Druckamplitude im gemessenen Druck p_{Mess} und der Oberflächenspannung gegeben.

[0023] Um in einer Waschmaschine nur einen einzigen Drucksensor (6) für Niveaumessung und Messung der Oberflächenspannung zu benötigen, kann ein Differenzdrucksensor gemäß dem in der älteren Deutschen Patentanmeldung 199 28 391.5 beschriebenen Verfahren verwendet werden (Niveaumessung auf der einen Seite des Drucksensors bei ausgeschalteter Pumpe (3) und Messung der Oberflächenspannung dynamisch bei eingeschalteter Pumpe (3)). Die Kapillare (4) ist in einer Höhe h_K in der Blasenkammer (2) angebracht, die von der Waschlauge (1) bei ausgeschalteter Pumpe (3) nie erreicht wird. Dadurch ist während der Messung dort immer ein der Höhe h_K entsprechender Unterdruck vorhanden. Sobald die Pumpe (3) zur Unterdruckerzeugung abgeschaltet wird, sinkt das Niveau in der Blasenkammer (2) wieder ab und das Volumen wird durch Luft ersetzt. Die Luftzufuhr geschieht über die Drossel (7) und die Kapillare (4) sowie über eine weitere Drossel (8), die zum schnelleren Absinken der Flüssig-

sigkeitssäule zusätzlich eingebaut werden kann, jedoch für die Grundfunktion nicht zwingend erforderlich ist.

[0024] Die vorbeschriebene Anordnung besitzt folgenden Nachteil:

[0025] Bei bekannten Systemen zur Messung der Oberflächenspannung erfolgt die Luftzufuhr zur Kapillare (4) über eine regelbare Pumpe, so dass der Luftvolumenstrom einstellbar ist. Dadurch können die Blasen mit unterschiedlicher Frequenz erzeugt werden und der dynamische Charakter der oberflächenaktiven Substanzen in der Waschlauge geht in die Messung mit ein. Eine Waschlauge enthält immer einen Anteil von Tensiden, die eine bestimmte Zeit benötigen, um die Grenzflächen (zu Luft, Wäsche und Schmutz) zu besetzen. Wird nun im Blasendruckverfahren eine Blase durch einen hohen Luftvolumenstrom sehr schnell erzeugt, so haben die Tenside nicht genügend Zeit, um an die Oberfläche zu gelangen und dort zu wirken. Das spiegelt sich dann auch in geringeren Druckdifferenzen im Signal p_{Mess} wider. Somit ist es bei der Blasendruckmethode möglich, das dynamische Verhalten der Tenside durch Messungen bei verschiedenen hohen Luftvolumenströmen und dadurch mehr oder weniger hohen Blasenfrequenzen $f_{\text{Blase}} = 1 / t_{\text{Periode}}$ bzw. Oberflächenaltern $t_{\text{Oberfläche}}$ zu berücksichtigen. Um diesen Vorteil auch bei dem erfindungsgemäß aufgebauten System nutzen zu können, muss eine Möglichkeit vorgesehen werden, um den Luftvolumenstrom durch die Kapillare (4) auf einfache Weise zu variieren.

[0026] Eine Lösung dafür zeigt Figur 4. Bei dieser Anordnung ist die Messkammer (5) durch einen Bypass (9) mit der Blasenkammer (2) verbunden, in den Bypass (9) ist eine weitere Drossel (10) eingesetzt. Die Blasenherzeugung an der Kapillaren (4) erfolgt in gleicher Weise wie bei dem in Figur 1 beschriebenen System durch Erzeugung eines Unterdrucks in der Blasenkammer (2) und durch Ausnutzung der Druckdifferenz zwischen Umgebungsdruck und Druck in der Blasenkammer (2). Die Waschlauge (1) wird durch die Unterdruckpumpe (3) angesaugt. Aufgrund der Druckverhältnisse entstehen Luftvolumenströme in den Drosseln (7 und 10).

[0027] Zur Veranschaulichung sind in Figur 5 die Druckverläufe p_1 in der Blasenkammer (2), p_2 an der Kapillaren (4) in der Höhe h_K und p_{Mess} in der Messkammer (5) dargestellt. Die Drücke p_1 und p_2 errechnen sich wieder nach den Gleichungen (1) und (2), sind also von der Saughöhe der Flüssigkeitssäule sowie von der Mündungshöhe der Kapillaren (4) abhängig. p_1 ist immer geringer als p_2 , da die Waschlauge immer höher als bis zur Kapillaren (4) in der Blasenkammer (2) stehen muss, um überhaupt eine Messung zu ermöglichen. Die Druckdifferenzen an den Drosseln und ihr Durchlassquerschnitt bestimmen den Luftvolumenstrom, der durch sie hindurchgeht. Die Druckdifferenzen sind in Figur 5 dargestellt. An der Drossel (7) liegt die Druckdifferenz $\Delta p_{\text{Drossel7}}$ zwischen der Blasenkammer (2) in Höhe der Kapillaren (4) ($h_K \Rightarrow p_2$) und Umgebung (p_0) und an der Drossel (10) liegt die Druckdifferenz

$\Delta P_{Drossel10}$ zwischen der Blasenkammer (2) in Höhe der Kapillaren (4) ($h_K \Rightarrow p_2$) und dem Unterdruck oberhalb der Flüssigkeitssäule ($h_w \Rightarrow p_1$). Der Umgebungsdruck ist konstant, während der Unterdruck oberhalb der Flüssigkeitssäule p_1 von der Saughöhe in der Blasenkammer (2) abhängt. Ist die Flüssigkeitssäule gerade so hoch wie die Anbringhöhe der Kapillaren (4), so ist

$$p_1 = p_2$$

und ist damit in etwa so hoch wie der Druck p_{Mess} in der Blasenkammer (2). Steigt die Saughöhe weiter an, so ergibt sich eine Druckdifferenz zwischen p_1 und p_{Mess} , so dass die Druckdifferenz $\Delta P_{Drossel10}$ größer wird. Die Luftvolumenströme durch die Drosseln (7, 10) sind proportional zu den Druckdifferenzen (Der Zusammenhang ist linear, da in den Drosseln laminare Strömung herrscht. Bei turbulenter Strömung ist der Luftvolumenstrom proportional zur Quadratwurzel aus der Druckdifferenz).

[0028] Es gibt drei Luftvolumenströme in die bzw. aus der Messkammer (5): Ein Luftvolumenstrom entsteht von der Umgebung durch die Drossel (7) in die Messkammer (5). Er ist von der Druckdifferenz $\Delta P_{Drossel7}$ abhängig und wird daher in erster Linie durch die Anbringhöhe der Kapillare (4) bestimmt. Dieser Luftvolumenstrom teilt sich nun in zwei Luftvolumenströme auf. Der erste entweicht durch die Kapillare (4) und sorgt damit für die Blasenzeugung. Ein weiterer Luftstrom entweicht durch die Drossel (10) in das Luftvolumen oberhalb der Flüssigkeitssäule in der Blasenkammer (2). Da der Unterdruck oberhalb der Flüssigkeitssäule von der Saughöhe h_w abhängt, ist der Luftvolumenstrom durch die Drossel (10) durch die Saughöhe h_w einstellbar. Je höher die Saughöhe, umso größer wird der Luftvolumenstrom durch die Drossel (10). Da der mittlere Luftvolumenstrom durch die Drossel (10) bei unverändertem Niveau der Waschlauge (1) in der Blasenkammer (2) konstant ist, führt der mit der Saughöhe steigende Luftvolumenstrom durch die Drossel (10) zu einer Verringerung des Luftvolumenstroms durch die Kapillare (4) und die Blasenfrequenz sinkt. Das Ziel ist damit erreicht: Die Blasenfrequenz (bzw. das Oberflächenalter) ist durch einfaches Verändern des Niveauhöhe h_w einstellbar.

[0029] Zur Dimensionierung können Drosseln mit einstellbarem Durchlassquerschnitt eingesetzt werden. Die Drossel (10) wird zunächst verschlossen und die Drossel (7) wird so eingestellt, dass die maximale Blasenfrequenz bzw. das minimale Oberflächenalter erreicht wird. Anschließend wird die Blasenkammer (2) durch Ansaugen der Pumpe (3) bis auf das Niveau, bei dem die minimale Blasenfrequenz (bzw. das maximale Oberflächenalter) erreicht werden soll, gefüllt. Mit der Drossel (10) wird dann die minimale Blasenfrequenz eingestellt. Dann wird der Abgleich so lange wiederholt (wieder Drossel für die maximale und Drossel für die mi-

nimale Blasenfrequenz), bis der Soll-Blasenfrequenzbereich realisiert ist. Anschließend werden die Drosseln ausgebaut, die Druckverluste der Drosseln (7,10) ausgemessen und die einstellbaren Drosseln durch entsprechende feste Drosseln ersetzt.

[0030] Auf eine Regelung der Pumpe (3) kann verzichtet werden. Da das Füllen und Leeren der Blasenkammer (2) langsam geschieht, ändert sich dabei der Blasenvolumenstrom und damit das Oberflächenalter entsprechend. Somit kann man während des Füllens und/oder Leerens der Blasenkammer (2) die Oberflächenspannung in Abhängigkeit vom Oberflächenalter ausmessen.

[0031] Bei dem in Figur 4 dargestellten Messsystem können durch die Rückkopplung über den Bypass (9) Störungen im Verlauf des Drucksignals auftreten, die sich durch eine Schwankung der Spitzenwerte bemerkbar machen. Diese lassen sich durch die in Figur 6 dargestellte Anordnung eines Puffervolumens (11) im Bypass (9) beseitigen.

Patentansprüche

1. System zur Bestimmung der Oberflächenspannung einer in einem Behälter befindlichen Lösung, insbesondere einer Tensidlösung (Waschlauge 1), nach der Blasendruckmethode, wobei in die Lösung über eine Kapillare (4) ein gasförmiger Volumenstrom eingeleitet und während der Blasenbildung der zeitliche Verlauf des Drucks dieses Volumenstroms betrachtet wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kapillare (4) in eine Blasenkammer (2) mündet, in der durch Unterdruck eine über die Mündungshöhe der Kapillaren (4) ansteigende Flüssigkeitssäule erzeugbar ist.
2. System zur Bestimmung der Oberflächenspannung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die der Blasenkammer (2) gegenüberliegende Öffnung der Kapillare (4) in eine Messkammer (5) mündet, an die ein Drucksensor (6) angeschlossen ist und die über eine Drossel (7) mit dem umgebenden atmosphärischen Luftdruck (Umgebungsdruck p_0) in Verbindung steht.
3. System zur Bestimmung der Oberflächenspannung nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass in der Blasenkammer (2) oberhalb der Mündungshöhe der Kapillaren (4) eine weitere Drossel (8) angeordnet ist.
4. System zur Bestimmung der Oberflächenspannung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,

dass der Volumenstrom durch die Kapillare (4) über eine mit der Messkammer (5) verbundene Einrichtung zur Druckänderung varierbar ist.

5. System zur Bestimmung der Oberflächenspannung 5
nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Messkammer (5) über einen Bypass (9)
mit der Blaskammer (2) verbunden ist, wobei der
Bypass (9) oberhalb der Mündungshöhe der Kapil- 10
laren (4) in die Blaskammer (2) mündet und wo-
bei im Bypass (9) eine weitere Drossel (10) ange-
ordnet ist.

15

20

25

30

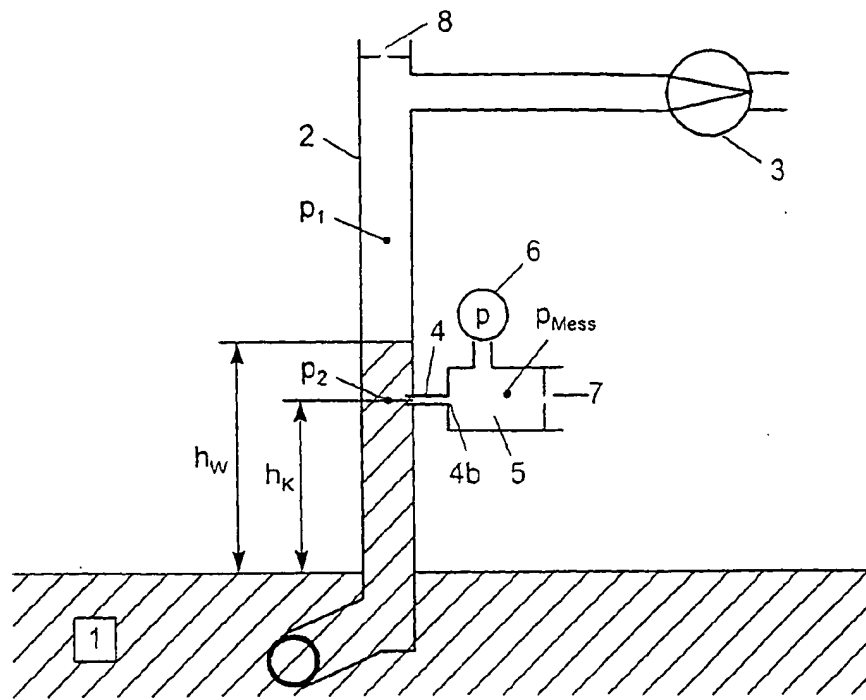
35

40

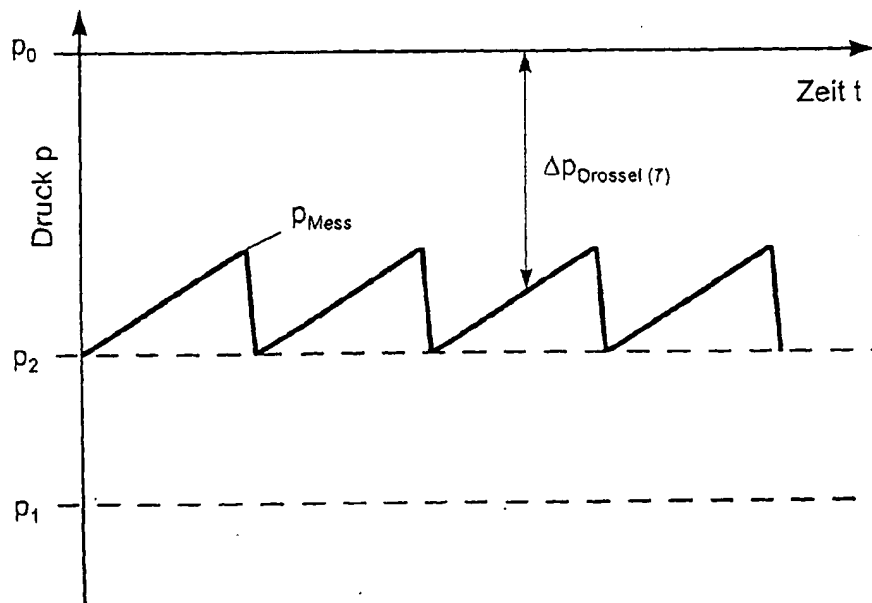
45

50

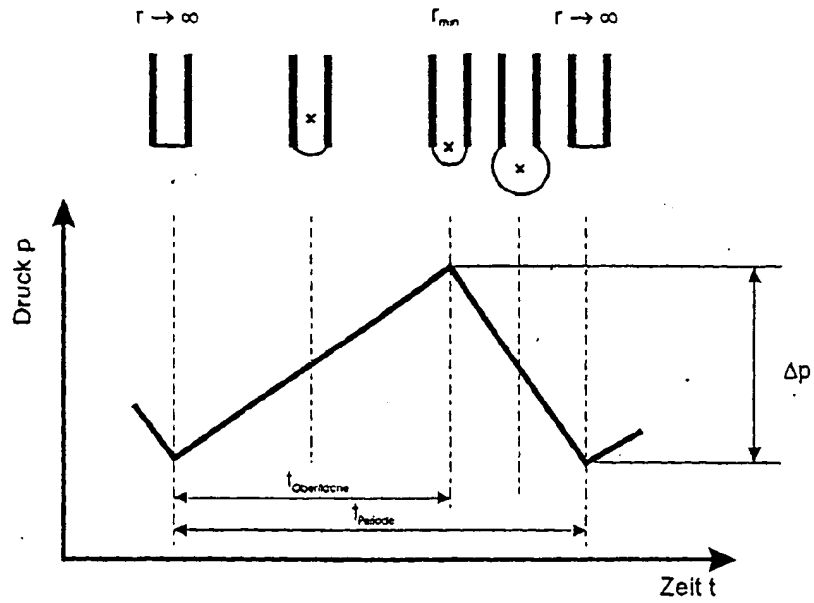
55



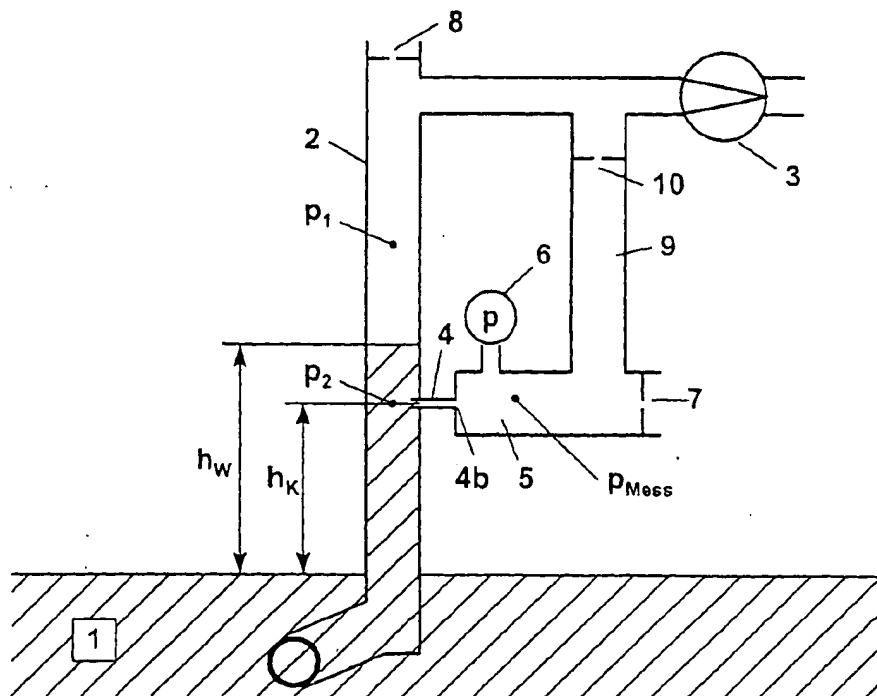
Figur 1



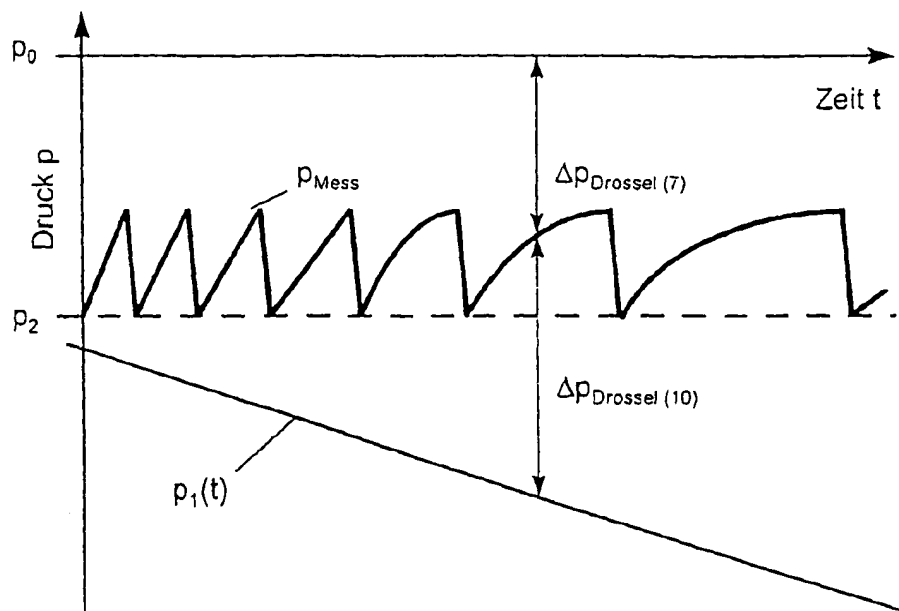
Figur 2



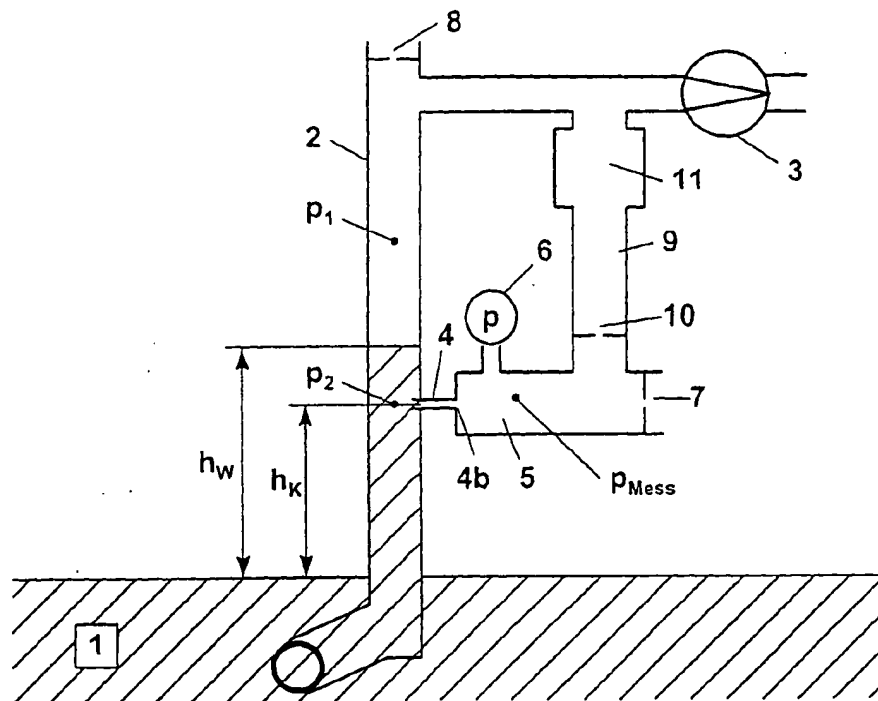
Figur 3



Figur 4



Figur 5



Figur 6